

T 4/5/1

4/5/1

DIALOG(R) File 347:JAPIO

(c) 2002 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

05094745 **Image available**

ZOOM LENS

PUB. NO.: 08-050245 [JP 8050245 A]

PUBLISHED: February 20, 1996 (19960220)

INVENTOR(s): NISHIO TERUHIRO

KATO TAKASHI

APPLICANT(s): CANON INC [000100] (A Japanese Company or Corporation), JP
(Japan)

APPL. NO.: 06-204262 [JP 94204262]

FILED: August 05, 1994 (19940805)

INTL CLASS: [6] G02B-015/20; G02B-013/18

JAPIO CLASS: 29.2 (PRECISION INSTRUMENTS -- Optical Equipment)

ABSTRACT

PURPOSE: To obtain high optical performance all over the variable power range where the field angle in photographing at a wide angle end is about 74 deg. and variable power is about 3.5 by appropriately setting the lens constitution of each lens group or the variable power share, etc., of each lens group at the time of executing the variable power.

CONSTITUTION: This zoom lens is constituted of four lens groups, that is, a 1st group L1 having negative refractive power, a 2nd group L2 having positive refractive power, a 3rd group L3 having positive refractive power and a 4th group L4 having negative refractive power in this order from an object side. In the case of moving the respective lens groups and varying the power, the 2nd group L2 has the highest variable power rate on a condition of $\Delta \beta_i > 1$ out of the lens groups having the positive refractive power when it is assumed that the lateral magnifications at the wide angle end and a telephoto end of the (i)-th group ($i \geq 2$) are $\beta_i W$ and $\beta_i T$ respectively, and the variable power rate $\Delta \beta_i$ of the (i)-th group is $\Delta \beta_i = |\beta_i T / \beta_i W|$, and also it is provided with a three-lens bonding lens obtained by bonding two positive lenses or two negative lenses to one lens having the reverse refractive power to them respectively and having the positive refractive power as a whole.

?

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-50245

(43) 公開日 平成8年(1996)2月20日

(51) Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 15/20

13/18

審査請求 未請求 請求項の数14 F D (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平6-204262

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(22) 出願日 平成6年(1994)8月5日

(72) 発明者 西尾 彰宏

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72) 発明者 加藤 隆志

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

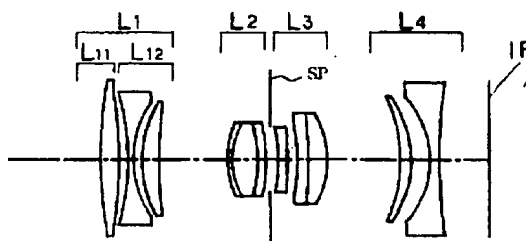
(74) 代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54) 【発明の名称】 ズームレンズ

(57) 【要約】

【目的】 全体として4つのレンズ群を有し、変倍に伴う各レンズ群のレンズ構成や変倍分担を適切に設定し、全変倍範囲にわたり高い光学性能を有したズームレンズを得ること。

【構成】 物体側より順に広角端において単一又は複数のレンズ群を有する全体として負の屈折力の第1群、正の屈折力の第2群、単一又は複数のレンズ群を有する全体として正の屈折力の第3群、そして負の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、各レンズ群を移動させて変倍を行うと共に第2群のレンズ構成を適切に構成したこと。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に広角端において単一又は複数のレンズ群を有する全体として負の屈折力の第1群、正の屈折力の第2群、単一又は複数のレンズ群を有する全体として正の屈折力の第3群、そして負の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、各レンズ群を移動させて変倍を行う際、第1群 ($i \geq 2$) の広角端と望遠端の横倍率を各々 $\beta i W$ 、 $\beta i T$ とし、第1群の変倍率 $\Delta \beta i$ を

$$\Delta \beta i = |\beta i T / \beta i W|$$

とおいたとき、該第2群は正の屈折力のレンズ群中、 $\Delta \beta i > 1$ なる条件で最も変倍率が大きく、且つ2枚の正レンズ又は2枚の負レンズとそれらと逆の屈折力の1つのレンズとを接合した全体として正の屈折力の3枚貼合わせレンズを有していることを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 広角端に対し、望遠端において該第1群と第2群の間隔及び該第3群と第4群の間隔が小となり、該第2群と第3群の間隔が大となるように各レンズ群を光軸上移動させて変倍を行っていることを特徴とする請求項1のズームレンズ。

【請求項3】 変倍領域において最も大きな変倍率を有する負の屈折力のレンズ群の焦点距離を $F C$ 、広角端における全系の焦点距離を FW としたとき

$$0.5 < |F C / FW| < 1.2$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1のズームレンズ。

【請求項4】 前記3枚貼合わせレンズは物体側より順に物体側に凸面を向けたメニスカス状のレンズ、両レンズ面が凸面の正レンズ、像面側に凸面を向けたメニスカス状のレンズより成っていることを特徴とする請求項1又は3のズームレンズ。

【請求項5】 前記第2群より像面側に絞りが配置されていることを特徴とする請求項4のズームレンズ。

【請求項6】 前記第1群と第2群の広角端における合成焦点距離を $F 1, 2 W$ 、広角端における全系の焦点距離を FW としたとき

$$0.8 < F 1, 2 W / FW < 1.7$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項5のズームレンズ。

【請求項7】 前記3枚貼合わせレンズの物体側から i 番目のレンズの材質のアッペ数を $\nu A i$ 、 i 番目のレンズ面の曲率半径を $RA i$ 、該3枚貼合わせレンズの焦点距離を FA としたとき

$$0.6 < FA / FW < 1.3$$

$$20 < \nu A 2 - (\nu A 1 + \nu A 3) / 2$$

$$0.13 < (RA 3 + RA 2) / (RA 3 - RA 2) < 0.45$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項4又は6のズームレンズ。

2

【請求項8】 物体側より順に広角端において単一又は複数のレンズ群を有する全体として負の屈折力の第1群、正の屈折力の第2群、単一又は複数のレンズ群を有する全体として正の屈折力の第3群、そして負の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、各レンズ群を移動させて変倍を行う際、該第2群は2枚の正レンズ又は2枚の負レンズとそれらと逆の屈折力の1つのレンズとを接合した全体として正の屈折力の3枚貼合わせレンズを有しており、該第2群よりも像面側に焦点距離を FB ($F B < 0$)、広角端における全系の焦点距離を FW としたとき

$$|FB / FW| < 1.1$$

成る条件を満足する負の屈折力のレンズ群が設けられていることを特徴とするズームレンズ。

【請求項9】 広角端に対し、望遠端において該第1群と第2群の間隔及び該第3群と第4群の間隔が小となり、該第2群と第3群の間隔が大となるように各レンズ群を光軸上移動させて変倍を行っていることを特徴とする請求項8のズームレンズ。

【請求項10】 変倍領域において最も大きな変倍率を有する負の屈折力のレンズ群の焦点距離を $F C$ 、広角端における全系の焦点距離を FW としたとき

$$0.5 < |F C / FW| < 1.2$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項8のズームレンズ。

【請求項11】 前記3枚貼合わせレンズは物体側より順に物体側に凸面を向けたメニスカス状のレンズ、両レンズ面が凸面の正レンズ、像面側に凸面を向けたメニスカス状のレンズより成っていることを特徴とする請求項8又は10のズームレンズ。

【請求項12】 前記第2群より像面側に絞りが配置されていることを特徴とする請求項11のズームレンズ。

【請求項13】 前記第1群と第2群の広角端における合成焦点距離を $F 1, 2 W$ 、広角端における全系の焦点距離を FW としたとき

$$0.8 < F 1, 2 W / FW < 1.7$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項12のズームレンズ。

【請求項14】 前記3枚貼合わせレンズの物体側から i 番目のレンズの材質のアッペ数を $\nu A i$ 、 i 番目のレンズ面の曲率半径を $RA i$ 、該3枚貼合わせレンズの焦点距離を FA としたとき

$$0.6 < FA / FW < 1.3$$

$$20 < \nu A 2 - (\nu A 1 + \nu A 3) / 2$$

$$0.13 < (RA 3 + RA 2) / (RA 3 - RA 2) < 0.45$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項11又は13のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

50 【0001】

【産業上の利用分野】本発明はレンズシャッターカメラ、ビデオカメラ等に好適な小型の高変倍で広画角のズームレンズに関し、特に撮影画角の広画角化を図ると共にレンズ全長（第1レンズ面から像面までの距離）の短縮化を図った携帯性に優れたズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】最近レンズシャッターカメラ、ビデオカメラ等においては、カメラの小型化に伴いレンズ全長の短い小型のズームレンズが要求されている。

【0003】特にレンズシャッターカメラは、ズーム駆動用の電気回路などの周辺技術の発達などにより、増々カメラの小型化が進んでおり、それに備わる撮影レンズも高変倍でかつコンパクトなズームレンズが要求されている。

【0004】従来、レンズシャッター用のズームレンズとしては正、負の屈折力の2つのレンズ群より成る所謂2群ズームレンズが主流であった。この2群ズームレンズはレンズ構成及び変倍時の移動機構が簡易なため、カメラの小型化及び比較的低コストである等の利点がある。

【0005】しかしながら変倍作用を1つのレンズ群のみで行わなくてはならないため、その変倍比は1.6～2倍程度であり、無理に変倍比を拡大することはレンズ系の大型化を招くと同時に、高い光学性能を保つことが困難になってくる。

【0006】2群ズームレンズを基礎とし、第1群を正の屈折力の2つのレンズ群に分離し、全体として正、正、負の屈折力の3群構成として高変倍化を狙った3群ズームレンズが、例えば特開平3-282409号公報、特開平4-37810号公報、特開平4-76511号公報等で提案されている。

【0007】しかしながらこのレンズ群構成で例えば半画角35°以上の広画角なズームレンズ系を達成しようとすると変倍時の入射瞳位置の変化が大きくなる。このため、高変倍化を図る際は変倍による収差変動を抑えることが大変困難になってくる。

【0008】この他、多レンズ群化により広角端の半画角を38°程度、変倍比を3.5倍程度とし、広画角化及び高変倍化を図ったズームレンズが、例えば特開平2-72316号公報、特開平3-249614号公報で提案されている。しかしながら、これらのズームレンズ系は前玉径及びレンズ全長が共に大型であり、コンパクトカメラの撮影レンズとしては必ずしも十分でない。

【0009】特に外部ファインダーを使用するカメラに適用する際は、広角端時にレンズ鏡筒がファインダーの撮影視野を覆ってしまうという問題点がある。又この結果、ファインダー配置やカメラの形態の制限を与えてしまうという問題点も生じてくる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】一般にズームレンズにおいて各レンズ群の屈折力を強めれば所定の変倍比を得るための各レンズ群の移動量が少なくなり、レンズ全長の短縮化を図りつつ高変倍化が可能となる。しかしながら単に各レンズ群の屈折力を強めると変倍に伴う収差変動が大きくなり、特に高変倍化及び広画角化を図る際には全変倍範囲にわたり良好なる光学性能を得るのが難しくなってくるという問題点がある。

【0011】一方、非球面を用いて収差補正を容易にして高変倍化及びレンズ系全体の小型化を図る方法が種々と提案されている。しかしながら非球面は球面収差やコマ収差等の補正には有効であるが色収差の補正効果は少ない。このため高変倍のズームレンズでは変倍に伴う色収差の変動を良好に補正するのが重要な課題となっている。

【0012】本発明は、全体として4つのレンズ群より構成し、各レンズ群のレンズ構成や変倍における各レンズ群の変倍分担等を適切に設定し、広角端の撮影画角が74°程度、変倍比3.5程度の全変倍範囲にわたり高い光学性能を有したズームレンズの提供を目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明のズームレンズは、

(1-1) 物体側より順に広角端において単一又は複数のレンズ群を有する全体として負の屈折力の第1群、正の屈折力の第2群、単一又は複数のレンズ群を有する全体として正の屈折力の第3群、そして負の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、各レンズ群を移動させて変倍を行う際、第 i 群($i \geq 2$)の広角端と望遠端の横倍率を各々 β_{iW} 、 β_{iT} とし、第 i 群の変倍率 $\Delta\beta_i$ を $\Delta\beta_i = |\beta_{iT} / \beta_{iW}|$ とおいたとき、該第2群は正の屈折力のレンズ群中、 $\Delta\beta_i > 1$ なる条件で最も変倍率が大きく、且つ2枚の正レンズ又は2枚の負レンズとそれらと逆の屈折力の1つのレンズとを接合した全体として正の屈折力の3枚貼合わせレンズを有していることを特徴としている。

【0014】特に、広角端に対し、望遠端において該第1群と第2群の間隔及び該第3群と第4群の間隔が小となり、該第2群と第3群の間隔が大となるように各レンズ群を光軸上移動させて変倍を行っていることを特徴としている。

【0015】(1-2) 物体側より順に広角端において単一又は複数のレンズ群を有する全体として負の屈折力の第1群、正の屈折力の第2群、単一又は複数のレンズ群を有する全体として正の屈折力の第3群、そして負の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、各レンズ群を移動させて変倍を行う際、該第2群は2枚の正レンズ又は2枚の負レンズとそれらと逆の屈折力の1つのレンズとを接合した全体として正の屈折力の3枚貼合わせレンズを有しており、該第2群よりも像面側に焦点距離をF

B ($FB < 0$)、広角端における全系の焦点距離をFWとしたとき

$$|FB/FW| < 1.1$$

成る条件を満足する負の屈折力のレンズ群が設けられていることを特徴としている。

【0016】特に、広角端に対し、望遠端において該第1群と第2群の間隔及び該第3群と第4群の間隔が小となり、該第2群と第3群の間隔が大となるように各レンズ群を光軸上移動させて変倍を行っていることを特徴としている。

【0017】

【実施例】図1～図3は本発明のズームレンズの近軸屈折力配置の説明図、図4～図10は各々本発明の数値実施例1～7の広角端におけるレンズ断面図である。図11～図31は本発明の数値実施例1～7の諸収差図である。

【0018】図中、L1は負の屈折力の第1群、L2は正の屈折力の第2群、L3は正の屈折力の第3群、L4は負の屈折力の第4群である。矢印は広角側から望遠側への変倍を行う際の各レンズ群の移動方向を示す。SPは絞り、SPPは固定絞り、IPは像面である。

【0019】本実施例では広角端から望遠端への変倍に際して、第1群と第2群の間隔及び第3群と第4群の間隔が減少し、第2群と第3群の間隔が増大するように各レンズ群を独立に光軸上物体側へ移動させている。

【0020】一般にズームレンズにおいて変倍に伴い発生する倍率色収差や球面収差等を補正する際、各レンズ群を少ないレンズ枚数にて効果的な補正を行うことが望ましい。しかしながら現実的な硝材の存在域を考慮したとき大変困難である。又レンズ枚数を増加させて補正する方法では一定の周辺光量比を獲得するためにレンズどうしの干渉を防止するようにレンズを配置しなければならず、この時所定のバックフォーカスを維持することが困難となったり、又レンズ外径が大きくなりすぎてメカ機構が難しくなる場合がある。

【0021】この為本発明ではズームレンズの基本構成を物体側より順に負の屈折力の第1群、正の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、そして負の屈折力の第4群の4つのレンズ群より構成し、広角端に対し、望遠端において該第1群と第2群の間隔及び該第3群と第4群の間隔が小となり、該第2群と第3群の間隔は大となるように各レンズ群を光軸上物体側へ移動させている。そして変倍中、レンズ系全体が略対称型に近くなるようにし、全変倍範囲にわたり良好なる光学性能を得ている。特に広角側においてレンズ系全体がレトロフォーカス型となるようにして広面角化を容易にしている。

【0022】図1は本発明の数値実施例1～3の近軸的屈折力配置図を示している。同図では第1群L1群を物体側より正の屈折力の第L11群と負の屈折力の第L12群の2つのレンズ群より構成している。そして広角端

より望遠端への変倍に際して第1群～第4群を前述の如く移動させると共に第L11群と第L12群の間隔を大きくすることにより広角端では負の歪曲収差の補正を良好に行い、望遠端ではテレフォトタイプのレンズ構成として光学性能の向上を図っている。

【0023】図2は本発明の数値実施例4、5の近軸的屈折力配置図を示している。同図では第1群～第4群の各レンズ群を前述した如く移動させている。特に変倍中におけるレンズ系が全体として対称型を維持するようにして良好な光学性能を得ると共に広角端におけるレンズ全長の短縮化を図っている。

【0024】図3は本発明の数値実施例6、7の近軸的屈折力配置図を示している。同図では第1群L1を正の屈折力の第L11群と負の屈折力の第L12群より構成し、第3群L3を負の屈折力の第L31群と正の屈折力の第L32群より構成している。そして広角端から望遠端への変倍に際して第1群～第4群を前述の如く移動させると共に第L11群と第L12群の間隔が大きくなり、第L31群と第L32群の間隔が大きくなるように各々物体側へ移動させている。これにより特に軸外光線が第L32群の光軸より離れた位置を通過するようにして軸上収差と軸外収差の補正をバランス良く行っている。

【0025】そして本発明では次の構成要件(イ)、(ロ)のうち少なくとも何れか一方の構成をとることにより高変倍化を図る際の変倍に伴う色収差の変動を良好に補正し、全変倍範囲にわたり高い光学性能を得ている。

【0026】(イ)第i群($i \geq 2$)の広角端と望遠端の横倍率を各々 $\beta i W$ 、 $\beta i T$ とし、第i群の変倍率 $\Delta \beta i$ を

$$\Delta \beta i = |\beta i T / \beta i W|$$

とおいたとき、第2群が正の屈折力のレンズ群中、 $\Delta \beta i > 1$ なる条件で最も変倍率が大きく、且つ2枚の正レンズ又は2枚の負レンズとそれらと逆の屈折力の1つのレンズとを接合した全体として正の屈折力の3枚貼合わせレンズ(レンズA)を有すること。

【0027】(ロ)第2群が2枚の正レンズ又は2枚の負レンズとそれらと逆の屈折力の1つのレンズとを接合した全体として正の屈折力の3枚貼合わせレンズ(レンズA)を有しており、第2群よりも像面側に焦点距離をFB ($FB < 0$)、広角端における全系の焦点距離をFWとしたとき

$$|FB/FW| < 1.1 \quad \dots\dots (1)$$

成る条件を満足する負の屈折力のレンズ群Bを設けること。

【0028】ここで条件式(1)はレンズ系全体の小型化を効率よく達成する為のものである。この条件式を外れるとレンズAを含んだ第2群より像面側に位置する負の屈折力のレンズ群の変倍に伴う移動量に対する変倍作

用が弱まってくる。又広角端においてレトロタイプの作用が弱まってくる為レンズ系全体が大型化してくるので良くない。

【0029】次に第2群に設けたレンズAの特徴について説明する。図32、図33、図34は後述する本発明の数値実施例5における物体距離が無限度での変倍域中の各々3次の軸上色収差、倍率色収差、球面収差を示し、ズームレンズ系中の各レンズ群での発生量とそのトータル量を表した説明図である。

【0030】ここで正の屈折力の第2群(L2)に着目すると負の屈折力の第1群(L1)で発生する軸上色収差、倍率色収差及び負の屈折力の第4群(L4)にて発生する倍率色収差と球面収差をキャンセルしていることが理解される。

【0031】ここで第2群(L2)中に前述した構成のレンズAを導入することにより、該レンズA中の2つの接合レンズ面にて色収差と球面収差をお互い良好に補正している。この場合物体側及び像面側の何れの接合レンズ面も負の屈折力を有するように配置することが望ましく、それによれば第2群(L2)にて発生する色収差と球面収差をズームレンズ系全体においてバランス良く補正することができる。

【0032】尚本実施例においてレンズAの接合レンズ面を分離し、レンズ面間に空気間隔を置くと高次の球面収差が多く発生し、これを他のレンズ面にてこれを補正することが困難になってくる。又接合レンズ面を一つとした場合は、色収差と球面収差をバランス良く補正するのが難しくなってくる。

【0033】本発明の目的とするズームレンズは以上の諸条件を満足することにより達成されるが、更にレンズ系全体的小型化を図りつつ全変倍範囲にわたり高い光学性能を得るには前述した構成要件(イ)又は(ロ)の基で以下の諸条件のうち少なくとも1つを満足させるのが良い。

【0034】(2-1)変倍領域において最も大きな変倍率を有する負の屈折力のレンズ群Cの焦点距離をF_C、広角端における全系の焦点距離をFWとしたとき

$$0.5 < |F_C / FW| < 1.2 \quad \dots\dots (2)$$

なる条件を満足することである。

【0035】ここでレンズ群Cは図1、図2では第4群、図3では第13群又は第4群に相当する。条件式(2)の上限値を越えてレンズ群Cの屈折力が弱くなると一定の変倍比を得る為にレンズ群Cの移動量を増大させねばならず、この結果、レンズ全長が増大してくるので良くない。又下限値を越えて、レンズ群Cの屈折力が強くなりすぎるとコマ収差及び像面湾曲収差等の軸外収差の発生量が多くなりこれを良好に補正すること

$$0.6 < F_A / FW < 1.3 \quad \dots\dots (4)$$

$$2.0 < \nu A_2 - (\nu A_1 + \nu A_3) / 2 \quad \dots\dots (5)$$

$$0.13 < (RA_3 + RA_2) / (RA_3 - RA_2) < 0.45$$

が困難になってくる。

【0036】(2-2)レンズAは物体側より順に物体側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズA1、両レンズ面が凸面の正レンズA2、像面側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズA3より構成することである。今負レンズA1と正レンズA2の接合レンズ面をS1、正レンズA2と負レンズA3の接合レンズ面をS2とする。接合レンズ面S1にて強い色収差の補正作用をもたらす為には接合レンズ面S1を強い曲率にして接合レンズ面の屈折力を強めるのが有効である。しかしながら単に曲率を強めると接合レンズ面S1上の軸上光線の光軸付近を通過する光線に対し、周辺を通過する光線が屈折作用を及ぼしてしまい、高次の球面収差が発生してくる。

【0037】そこで本発明では接合レンズ面S1と接合レンズ面S2の2つの接合レンズ面を設けている。これによりレンズA中に色収差の補正作用を有するレンズ面を増し、又それと同時に球面収差を色収差と共にバランス良く補正している。

【0038】(2-3)第2群よりも像面側に絞りを配置することである。本発明のズームレンズでは軸外光線が第4群に対して光軸と対称に近い位置でレンズ内を通過する。この為本発明では前述の如く絞りを配置し、これにより第4群で発生する軸外の諸収差を良好に補正している。

【0039】(2-4)前記第1群と第2群の広角端における合成焦点距離をF_{1, 2W}、広角端における全系の焦点距離をFWとしたとき

$$0.8 < F_{1, 2W} / FW < 1.7 \quad \dots\dots (3)$$

なる条件を満足することである。

【0040】条件式(3)はレンズ系全体を小型にしつつズーム全域にわたって光学性能を良好に保つ為のものである。条件式(3)の上限値を越えると広角端において一定の焦点距離を得る場合、他の負レンズ群の屈折力を弱める必要がある。この結果一定の変倍比を得る為の第4群と他のレンズ群の変倍に伴う移動量が増加し、又レンズ群どうしの干渉を防止する為にレンズ群間隔を予め広くとらねばならなくなり、レンズ全長が増加してくるので良くない。

【0041】他方、下限値を越えて第1群と第2群の合成焦点距離F_{1, 2W}が短くなってくると所定のバックフォーカスを得ることが難しくなると同時に負の球面収差が多く発生し、これを良好に補正することが困難になってくる。

【0042】(2-5)前記3枚貼合わせレンズの物体側からi番目のレンズの材質のアッペ数を νA_i 、i番目のレンズ面の曲率半径をRA_i、該3枚貼合わせレンズの焦点距離をFAとしたとき

なる条件を満足することである。

【0043】条件式(4)は広角端における第2群の屈折力とレンズ系全体の屈折力との比に関する。条件式(4)の上限値を越えて第2群の屈折力が弱くなりすぎると一定の変倍比を得る為の第2群の移動量が増大し、結果としてレンズ全長が増大してくる。一方、下限値を越えて第2群の屈折力が強くなってくると高次の球面収差及びコマ収差が多く発生し、これらの良好なる補正が困難になってくる。

【0044】条件式(5)は3枚貼合わせレンズ(レンズA)で第4群より発生する色収差を効果的に補正する為の条件式である。この条件式(5)を外れると変倍域全域にわたって良好な色収差の補正が難しくなってくる。

【0045】条件式(6)はレンズA中の両レンズ面が凸面のレンズA2の形状因子に関し、条件式(6)の範囲を超えると接合レンズ面における球面収差と色収差をバランス良く補正するのが難しくなり変倍域全域にわたって高画質な光学系を達成するのが難しくなってくる。

【0046】(2-6)第2群を2枚の正レンズ又は2枚の負レンズとそれらと逆の屈折力の1つのレンズとを接合した全体として正の屈折力の3枚貼合わせレンズより構成することである。これによればレンズ全長の短縮化と同時に入射瞳位置を物体側に持っていかけて、前玉径の小型化が行える。

【0047】(2-7)各々レンズ群に非球面を導入することが良い。これによれば光学性能を、より向上させることができる。

【0048】(2-8)ズーム中のレンズ群移動に関し、2つ以上のレンズ群を一体として移動させる方式をとっても良い。これによれば鏡胴機構の簡略化を行う際に有効となる。

【0049】(2-9)レンズ系が絞りを持つ際は、変倍時に該絞りを他のレンズ群とは独立に移動させても良く、又他のレンズ群と一体に移動させても良い。それにより変倍時に移動する入射瞳位置近傍に絞り位置を配置することが可能となり、小絞り時の像面湾曲収差の変化を良好に防止するのが有利になる。

【0050】(2-10)本発明においてフォーカシングはズーム中、フォーカス群の横倍率が等倍にならない任意のレンズ群が適用できる。第1群がある程度強い屈折力を有している際は第1群を物体側へ移動するフォーカス方式がズーム全域中任意の物体距離におけるフォーカシング量を一定にでき、機構が簡略化されるので好ましい。

*【0051】広角端においてバックフォーカスが充分にあり、且つ最終レンズ群の屈折力がある程度強い場合は最終レンズ群を像面側に移動するフォーカス方式が良く、この際は第1群のレンズ外径の小型化を行うのに有効となる。又第1群から最終レンズ群中の2つ以上のレンズ群を同時に移動させるフォーカス方式でも良い。尚フォーカス群が絞りを含む場合、絞りを光軸上固定状態にしてフォーカス群を移動させるフォーカス方法はフォーカス時に絞り機構を移動させる為の駆動トルクの低減を行うことができる。

【0052】(2-11)第2群中の3枚貼合わせレンズ(レンズA)を物体側より順に物体側に凸面を向けた正レンズ、両レンズ面が凹面の負レンズ、そして像面側に凸面を向けた正レンズを接合して構成しても良い。

【0053】(2-12)本発明において第1群は単一の正レンズより成る第1-1群、そして負レンズと正レンズの2つのレンズ又は単一の負レンズより成る第1-12群の2つのレンズ群より構成、又は正レンズ、負レンズそして正レンズの3つのレンズより成る1つのレンズ群より構成するのが良い。

【0054】第1-2群は、物体側に凸面を向けた正レンズと両レンズ面が凸面の正レンズそして像面側に凸面を向けたメニスカス状の負レンズの3つのレンズを接合した全体として正の屈折力の3枚貼合わせレンズより構成するのが良い。

【0055】第3群は負レンズ、負レンズと正レンズを接合した貼合わせレンズの全体として3つのレンズより構成、又は負レンズと正レンズ2つのレンズより構成するのが良い。

【0056】第4群は像面側に凸面を向けたメニスカス状の正レンズと少なくとも1つの負レンズより構成又は物体側に凹面を向けた負レンズ、正レンズそして負レンズの3つのレンズより構成するのが良い。

【0057】次に本発明の数値実施例を示す。数値実施例においてR_iは物体側より順に第i番目のレンズ面の曲率半径、D_iは物体側より第i番目のレンズ厚及び空気間隔、N_iとν_iは各々物体側より順に第i番目のレンズのガラスの屈折率とアッベ数である。又前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表-1に示す。非球面形状は光軸方向にX軸、光軸と垂直方向にH軸、光の進行方向を正としRを近軸曲率半径、K、A、B、C、Dを各々非球面係数としたとき

【0058】

【数1】

$$X = \frac{(1/R) H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + AH^2 + BH^4 + CH^6 + DH^8$$

なる式で表わしている。又「e-0x」は10^{-x}を意味している。

【0059】(数値実施例1)

$f = 28.84 \sim 101.06$ $fno = 4.33 \sim 9.00$ $2\omega = 73.8^\circ \sim 24.2^\circ$
 $R1 = 89.26$ $D1 = 3.30$ $N1 = 1.51633$ $\nu1 = 64.2$
 $R2 = -73.65$ $D2 = \text{可変}$
 $R3 = -43.75$ $D3 = 1.20$ $N2 = 1.80400$ $\nu2 = 46.6$
 $R4 = 18.20$ $D4 = 1.66$
 $R5 = 21.94$ $D5 = 3.00$ $N3 = 1.84665$ $\nu3 = 23.8$
 $R6 = 101.94$ $D6 = \text{可変}$
 $R7 = 16.54$ $D7 = 0.90$ $N4 = 1.84665$ $\nu4 = 23.8$
 $R8 = 11.47$ $D8 = 4.80$ $N5 = 1.48749$ $\nu5 = 70.2$
 $R9 = -22.49$ $D9 = 1.10$ $N6 = 1.84665$ $\nu6 = 23.8$
 $R10 = -25.48$ $D10 = 0.80$
 $R11 = \text{絞り}$ $D11 = 1.50$
 $R12 = -24.98$ $D12 = 1.60$ $N7 = 1.80518$ $\nu7 = 25.4$
 $R13 = -47.12$ $D13 = 1.60$
 $R14 = -35.21$ $D14 = 1.90$ $N8 = 1.65159$ $\nu8 = 58.5$
 $R15 = -88.13$ $D15 = 3.50$ $N9 = 1.77249$ $\nu9 = 49.6$
 $R16 = -15.90$ $D16 = \text{可変}$
 $R17 = -28.58$ $D17 = 2.10$ $N10 = 1.84665$ $\nu10 = 23.8$
 $R18 = -19.52$ $D18 = 3.33$
 $R19 = -17.07$ $D19 = 1.80$ $N11 = 1.80400$ $\nu11 = 46.6$
 $R20 = 93.48$

【0060】

【表1】

焦点距離 可変間隔	28.84	53.99	101.06
D2	1.28	2.10	3.02
D6	12.25	7.33	0.79
D11	1.50	3.84	6.59
D16	12.88	5.14	0.80

非球面係数	K	A	B	C	D
12面	4.465×10^0	0	-2.734×10^{-5}	-1.812×10^{-7}	2.051×10^{-9}

(数値実施例2)

$f = 28.74 \sim 101.17$ $fno = 4.33 \sim 9.00$ $2\omega = 74.0^\circ \sim 24.1^\circ$
 $R1 = 639.62$ $D1 = 2.50$ $N1 = 1.51633$ $\nu1 = 64.2$
 $R2 = -56.09$ $D2 = \text{可変}$
 $R3 = -41.05$ $D3 = 1.20$ $N2 = 1.80400$ $\nu2 = 46.6$
 $R4 = 19.48$ $D4 = 1.64$
 $R5 = 23.15$ $D5 = 2.75$ $N3 = 1.84665$ $\nu3 = 23.8$
 $R6 = 160.15$ $D6 = \text{可変}$
 $R7 = 15.90$ $D7 = 0.90$ $N4 = 1.84665$ $\nu4 = 23.8$
 $R8 = 11.73$ $D8 = 4.80$ $N5 = 1.48749$ $\nu5 = 70.2$
 $R9 = -21.42$ $D9 = 0.90$ $N6 = 1.84665$ $\nu6 = 23.8$
 $R10 = -28.84$ $D10 = \text{可変}$
 $R11 = \text{絞り}$ $D11 = 1.50$
 $R12 = -27.14$ $D12 = 1.60$ $N7 = 1.80518$ $\nu7 = 25.4$
 $R13 = -48.22$ $D13 = 1.36$
 $R14 = -38.16$ $D14 = 2.00$ $N8 = 1.65159$ $\nu8 = 58.5$
 $R15 = -26.71$ $D15 = 3.50$ $N9 = 1.77249$ $\nu9 = 49.6$

(8)

特開平 8-50245

13

14

R16= -15.71 D16= 可変
 R17= -34.31 D17= 2.30 N10=1.84665 ν 10= 23.8
 R18= -21.84 D18= 0.91
 R19= -32.78 D19= 1.30 N11=1.69679 ν 11= 55.5
 R20= -58.16 D20= 3.21
 R21= -18.28 D21= 1.50 N12=1.77249 ν 12= 49.6
 R22= 223.19

【0061】

* * 【表2】

焦点距離 可変間隔	28.74	53.92	101.17
D 2	1.05	2.26	4.97
D 6	11.24	6.44	0.85
D10	1.47	4.14	8.17
D16	12.97	5.10	0.80

非球面係数	K	A	B	C	D
1 2 面	4.415 e+00	0	-4.331 e-05	-1.859 e-07	-6.129 e-10

〈数值实施例3〉

 $f = 28.85 \sim 101.00$ $f_{no} = 3.30 \sim 9.00$ $2\omega = 73.7^\circ \sim 24.2^\circ$

R 1= 424.11 D 1= 2.40 N 1=1.51633 ν 1= 64.2
 R 2= -60.06 D 2= 可変
 R 3= -38.54 D 3= 1.20 N 2=1.80400 ν 2= 46.6
 R 4= 19.56 D 4= 1.35
 R 5= 21.49 D 5= 2.90 N 3=1.84665 ν 3= 23.8
 R 6= 176.01 D 6= 可変
 R 7= 15.65 D 7= 0.90 N 4=1.84665 ν 4= 23.8
 R 8= 11.27 D 8= 4.50 N 5=1.48749 ν 5= 70.2
 R 9= -21.44 D 9= 0.90 N 6=1.84665 ν 6= 23.8
 R10= -29.88 D10= 可変
 R11= 絞り D11= 3.00
 R12= -24.67 D12= 2.55 N 7=1.80518 ν 7= 25.4
 R13= -47.29 D13= 0.50
 R14= -36.54 D14= 1.00 N 8=1.65159 ν 8= 58.5
 R15= 155.75 D15= 5.80 N 9=1.77249 ν 9= 49.6
 R16= -14.23 D16= 可変
 R17= -28.76 D17= 2.30 N10=1.84665 ν 10= 23.8
 R18= -20.20 D18= 0.30
 R19= -25.76 D19= 1.30 N11=1.69679 ν 11= 55.5
 R20= -80.69 D20= 3.51
 R21= -18.83 D21= 1.50 N12=1.77249 ν 12= 49.6
 R22= 431.90

【0062】

【表3】

15

16

焦点距離 可変間隔	28.85	53.98	101.00
D 2	1.23	2.21	5.15
D 6	8.73	4.75	0.81
D10	0.79	4.84	8.26
D16	10.75	4.72	0.85

非球面係数	K	A	B	C	D
1 2 面	4.963 e+00	0	-6.074 e-05	-3.607 e-07	-3.331 e-09
1 6 面	-2.664 e+00	0	-1.127 e-04	1.634 e-07	-1.376 e-09

(数值实施例4)

$f = 28.86 \sim 101.58$ $f_{no} = 3.06 \sim 9.00$ $2\omega = 73.7^\circ \sim 24.1^\circ$
 $R\ 1 = 101.89$ $D\ 1 = 2.85$ $N\ 1 = 1.51633$ $\nu\ 1 = 64.2$
 $R\ 2 = -61.28$ $D\ 2 = 0.84$
 $R\ 3 = -39.42$ $D\ 3 = 1.20$ $N\ 2 = 1.80400$ $\nu\ 2 = 46.6$
 $R\ 4 = 17.90$ $D\ 4 = 1.07$
 $R\ 5 = 19.60$ $D\ 5 = 3.35$ $N\ 3 = 1.84665$ $\nu\ 3 = 23.8$
 $R\ 6 = 95.82$ $D\ 6 = \text{可変}$
 $R\ 7 = 16.21$ $D\ 7 = 0.90$ $N\ 4 = 1.84665$ $\nu\ 4 = 23.8$
 $R\ 8 = 11.92$ $D\ 8 = 4.80$ $N\ 5 = 1.48749$ $\nu\ 5 = 70.2$
 $R\ 9 = -19.85$ $D\ 9 = 0.90$ $N\ 6 = 1.84665$ $\nu\ 6 = 23.8$
 $R10 = -27.78$ $D10 = \text{可変}$
 $R11 = \text{絞り}$ $D11 = 3.50$
 $R12 = -26.05$ $D12 = 2.42$ $N\ 7 = 1.80518$ $\nu\ 7 = 25.4$
 $R13 = -45.55$ $D13 = 0.56$
 $R14 = -34.59$ $D14 = 1.00$ $N\ 8 = 1.65159$ $\nu\ 8 = 58.5$
 $R15 = 310.25$ $D15 = 5.80$ $N\ 9 = 1.77249$ $\nu\ 9 = 49.6$
 $R16 = -13.79$ $D16 = \text{可変}$
 $R17 = -28.83$ $D17 = 2.30$ $N10 = 1.84665$ $\nu\ 10 = 23.8$
 $R18 = -20.42$ $D18 = 0.24$
 $R19 = -25.56$ $D19 = 1.30$ $N11 = 1.69679$ $\nu\ 11 = 55.5$
 $R20 = -131.56$ $D20 = 3.53$
 $R21 = -20.55$ $D21 = 1.50$ $N12 = 1.77249$ $\nu\ 12 = 49.6$
 $R22 = 204.29$

【0063】

【表4】

焦点距離 可変間隔	28.86	54.15	101.58
D 6	9.49	5.78	0.79
D10	1.56	5.74	8.67
D16	9.64	3.97	0.79

非球面係数	K	A	B	C	D
1 2 面	6.017 e+00	0	-6.890 e-05	-6.114 e-07	-4.934 e-09
1 6 面	-2.445 e+00	0	-1.158 e-04	1.245 e-07	-1.694 e-09

(数值实施例5)

$f = 28.85 \sim 101.49$ $f_{no} = 3.29 \sim 9.00$ $2\omega = 73.7^\circ \sim 24.1^\circ$
 $R\ 1 = 163.89$ $D\ 1 = 3.25$ $N\ 1 = 1.51633$ $\nu\ 1 = 64.2$

(10)

特開平8-50245

17

18

R 2= -26.34 D 2= 1.20 N 2=1.80400 ν 2= 46.6
 R 3= 16.98 D 3= 1.21
 R 4= 18.93 D 4= 2.50 N 3=1.84665 ν 3= 23.8
 R 5= 108.28 D 5= 可変
 R 6= 16.38 D 6= 0.90 N 4=1.84665 ν 4= 23.8
 R 7= 11.85 D 7= 4.60 N 5=1.48749 ν 5= 70.2
 R 8= -19.38 D 8= 0.90 N 6=1.84665 ν 6= 23.8
 R 9= -25.91 D 9= 可変
 R10= 絞り D10= 2.00
 R11= -24.61 D11= 2.07 N 7=1.80518 ν 7= 25.4
 R12= -71.21 D12= 0.48
 R13= -44.54 D13= 1.30 N 8=1.65159 ν 8= 58.5
 R14= -317.49 D14= 5.00 N 9=1.77249 ν 9= 49.6
 R15= -13.39 D15= 可変
 R16= -33.60 D16= 2.30 N10=1.84665 ν 10= 23.8
 R17= -22.01 D17= 0.77
 R18= -25.47 D18= 1.30 N11=1.69679 ν 11= 55.5
 R19= -654.85 D19= 4.11
 R20= -18.51 D20= 1.50 N12=1.77249 ν 12= 49.6
 R21= -202.43

【0064】

【表5】

焦点距離 可変間隔	28.85	54.11	101.49
D 5	7.30	4.25	0.29
D 9	1.00	5.83	8.72
D15	10.18	4.20	0.79

非球面係数	K	A	B	C	D
3面	2.790 e-01	0	-5.495 e-06	-1.753 e-08	-----
11面	5.704 e+00	0	-7.033 e-05	-5.377 e-07	-8.804 e-09
15面	-2.657 e+00	0	-1.393 e-04	1.880 e-07	-2.909 e-09

〈数値実施例6〉

f= 28.83 ~101.02 fno=4.00 ~8.75 $2\omega = 73.8^\circ \sim 24.2^\circ$

R 1= 62.55 D 1= 2.40 N 1=1.84665 ν 1= 23.8
 R 2= -704.82 D 2= 可変
 R 3= -79.39 D 3= 1.20 N 2=1.77249 ν 2= 49.6
 R 4= 27.29 D 4= 可変
 R 5= 14.31 D 5= 0.90 N 3=1.84665 ν 3= 23.8
 R 6= 13.95 D 6= 3.50 N 4=1.51822 ν 4= 59.0
 R 7= -22.52 D 7= 0.90 N 5=1.84665 ν 5= 23.8
 R 8= -40.19 D 8= 1.00
 R 9= 絞り D 9= 4.67
 R10= -17.92 D10= 2.85 N 6=1.80518 ν 6= 25.4
 R11= -109.72 D11= 可変
 R12= 264.84 D12= 1.10 N 7=1.84665 ν 7= 23.8
 R13= 46.19 D13= 4.50 N 8=1.80439 ν 8= 39.6
 R14= -15.33 D14= 可変
 R15= -25.10 D15= 2.50 N 9=1.80518 ν 9= 25.4
 R16= -17.84 D16= 1.21

(11)

特開平8-50245

19

20

R17= -17.91 D17= 1.30 N10=1.69679 ν 10= 55.5
 R18= -68.84 D18= 2.13
 R19= -29.26 D19= 1.40 N11=1.77249 ν 11= 49.6
 R20= -308.12

【0065】

* * 【表6】

焦点距離 可変間隔	28.83	53.97	101.02
D 2	1.54	1.78	3.05
D 4	11.51	7.09	0.80
D 9	4.67	7.19	8.85
D11	1.06	2.92	4.42
D14	10.66	3.65	0.79

非球面係数	K	A	B	C	D
10面	4.217 e+00	0	-1.416 e-05	-1.354 e-07	3.585 e-09
14面	-2.913 e+00	0	-8.592 e-05	1.831 e-07	-2.680 e-10

〈数値実施例7〉

 $f = 28.87 \sim 100.85$ $f_{no} = 4.00 \sim 8.76$ $2\omega = 73.7^\circ \sim 24.2^\circ$

R 1= 80.90 D 1= 2.40 N 1=1.84665 ν 1= 23.8
 R 2= -245.18 D 2= 可変
 R 3= -53.00 D 3= 1.20 N 2=1.69679 ν 2= 55.5
 R 4= 23.65 D 4= 可変
 R 5= 15.02 D 5= 1.20 N 3=1.84665 ν 3= 23.8
 R 6= 15.55 D 6= 3.50 N 4=1.58913 ν 4= 61.2
 R 7= -22.14 D 7= 1.00 N 5=1.84665 ν 5= 23.8
 R 8= -51.78 D 8= 可変
 R 9= 絞り D 9= 3.59
 R10= -20.71 D10= 1.20 N 6=1.80518 ν 6= 25.4
 R11= -86.49 D11= 可変
 R12=固定絞り D12= 2.80
 R13=3202.97 D13= 4.60 N 7=1.78589 ν 7= 44.2
 R14= -15.18 D14= 可変
 R15= -26.57 D15= 1.20 N 8=1.77249 ν 8= 49.6
 R16= 74.12 D16= 2.20 N 9=1.80518 ν 9= 25.4
 R17= 266.07 D17= 2.01
 R18= -64.20 D18= 1.50 N10=1.69679 ν 10= 55.5
 R19= -13681.8

【0066】

【表7】

焦点距離 可変間隔	28.87	54.00	100.85
D 2	1.93	2.03	3.45
D 4	8.80	5.94	0.89
D 8	1.65	4.40	5.54
D11	0.73	3.16	5.00
D14	12.30	6.16	4.32

非球面係数	K	A	B	C	D
4面	2.393 e-01	0	-1.146 e-05	2.167 e-08	-2.879 e-10
10面	4.558 e+00	0	-5.356 e-05	-2.028 e-07	-2.128 e-09
14面	-2.794 e+00	0	-8.249 e-05	1.650 e-07	-2.114 e-10

表-1

条件式	数値実施例						
	1	2	3	4	5	6	7
FB/FW	0.87 (5群)	0.87 (5群)	0.69 (5群)	0.65 (4群)	0.65 (4群)	0.94 (4群) 0.87 (6群)	0.79 (6群)
FC/FW	0.87 (5群)	0.87 (5群)	0.69 (5群)	0.65 (4群)	0.65 (4群)	0.87 (6群)	0.79 (6群)
F1,2W/FW	1.13	1.24	1.33	1.33	1.30	1.19	1.32
FA/FW	0.96	1.01	1.04	1.02	0.99	0.83	0.78
$\nu A2 - (\nu A1 + \nu A3) / 2$	46.4	46.4	46.4	46.4	46.4	35.2	37.4
$(RA3 + RA2) / (RA3 - RA2)$	0.32	0.20	0.31	0.25	0.24	0.23	0.17

【0067】

【発明の効果】本発明によれば以上のように、全体として4つのレンズ群より構成し、変倍における各レンズ群の移動条件や屈折力等を適切に設定することにより広角端の撮影面角が7.4°程度、変倍比3.5程度の全変倍範囲にわたり高い光学性能を有したズームレンズを達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明のズームレンズの近軸屈折力配置の説明図

【図2】 本発明のズームレンズの近軸屈折力配置の説明図

【図3】 本発明のズームレンズの近軸屈折力配置の説明図

【図4】 本発明の数値実施例1の広角端のレンズ断面図

【図5】 本発明の数値実施例2の広角端のレンズ断面図

【図6】 本発明の数値実施例3の広角端のレンズ断面図

【図7】 本発明の数値実施例4の広角端のレンズ断面図

【図8】 本発明の数値実施例5の広角端のレンズ断面図

【図9】 本発明の数値実施例6の広角端のレンズ断面図

【図10】 本発明の数値実施例7の広角端のレンズ断面図

【図11】 本発明の数値実施例1の広角端の収差図

【図12】 本発明の数値実施例1の中間の収差図

【図13】 本発明の数値実施例1の望遠端の収差図

【図14】 本発明の数値実施例2の広角端の収差図

【図15】 本発明の数値実施例2の中間の収差図

【図16】 本発明の数値実施例2の望遠端の収差図

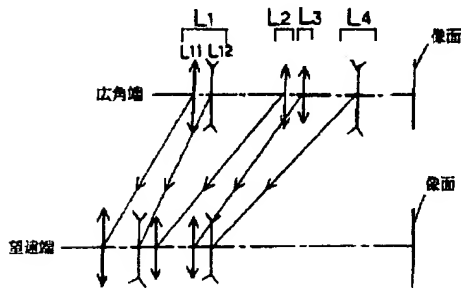
【図17】 本発明の数値実施例3の広角端の収差図

50 【図18】 本発明の数値実施例3の中間の収差図

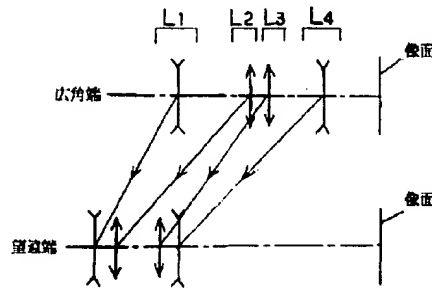
- 【図 1 9】 本発明の数値実施例 3 の望遠端の収差図
 【図 2 0】 本発明の数値実施例 4 の広角端の収差図
 【図 2 1】 本発明の数値実施例 4 の中間の収差図
 【図 2 2】 本発明の数値実施例 4 の望遠端の収差図
 【図 2 3】 本発明の数値実施例 5 の広角端の収差図
 【図 2 4】 本発明の数値実施例 5 の中間の収差図
 【図 2 5】 本発明の数値実施例 5 の望遠端の収差図
 【図 2 6】 本発明の数値実施例 6 の広角端の収差図
 【図 2 7】 本発明の数値実施例 6 の中間の収差図
 【図 2 8】 本発明の数値実施例 6 の望遠端の収差図
 【図 2 9】 本発明の数値実施例 7 の広角端の収差図
 【図 3 0】 本発明の数値実施例 7 の中間の収差図
 【図 3 1】 本発明の数値実施例 7 の望遠端の収差図
 【図 3 2】 本発明の数値実施例 5 の 3 次軸上色収差係数の説明図
 【図 3 3】 本発明の数値実施例 5 の 3 次倍率色収差係

数の説明図

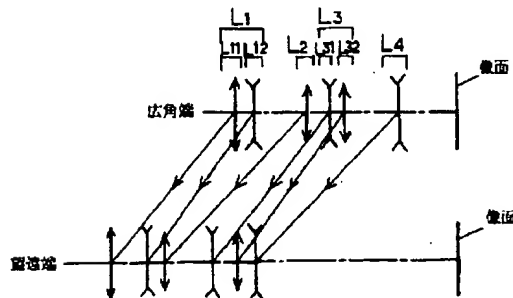
【図 1】



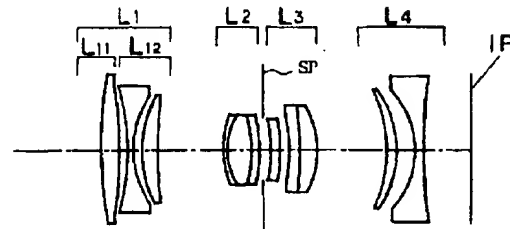
【図 2】



【図 3】



【図 4】



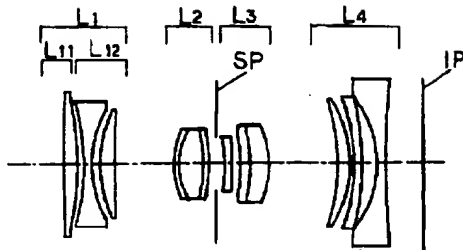
数の説明図

【図 3 4】 本発明の数値実施例 5 の 3 次球面収差係数の説明図

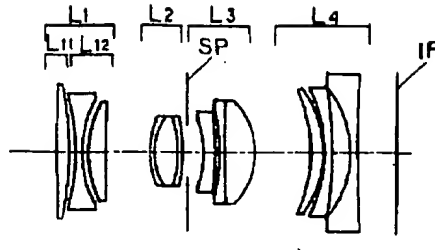
【符号の説明】

- L 1 第 1 群
 L 2 第 2 群
 L 3 第 3 群
 L 4 第 4 群
 S P 絞り
 I P 像面
 d d 線
 g g 線
 S . C 正弦条件
 ΔS サジタル像面
 ΔM メリディオナル像面

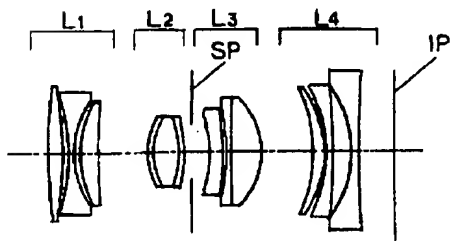
【図5】



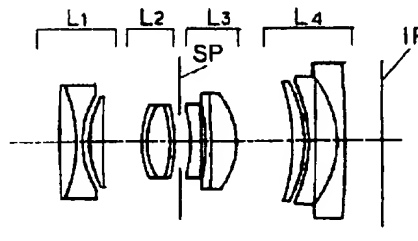
【図6】



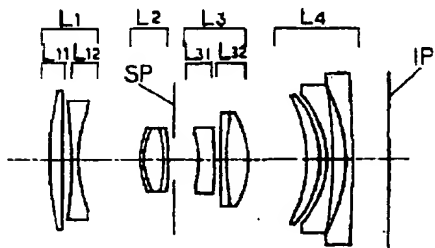
【図7】



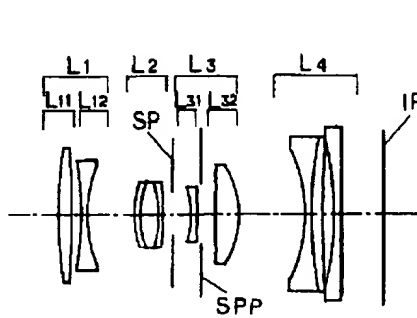
【図8】



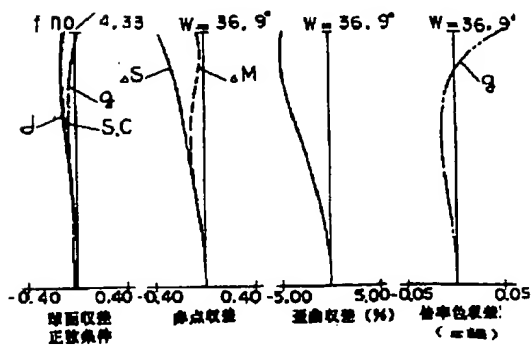
【図9】



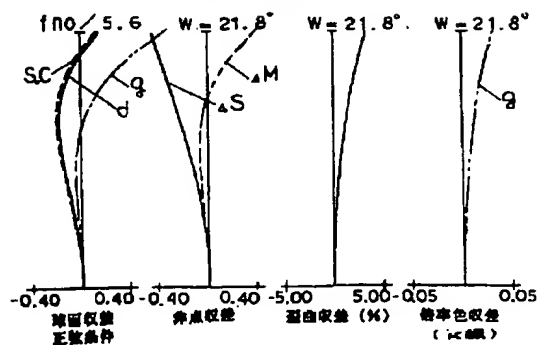
【図10】



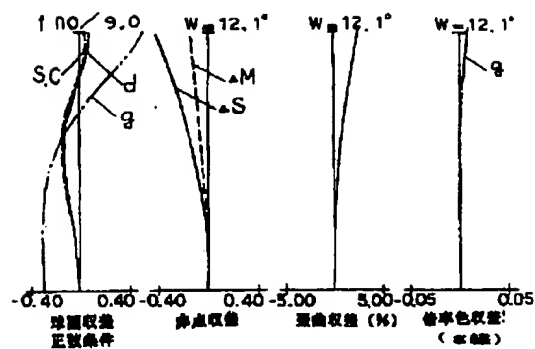
【図11】



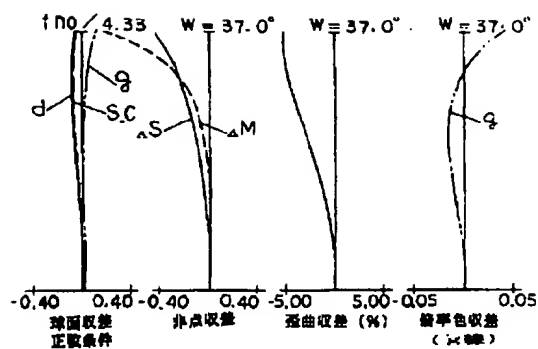
【図12】



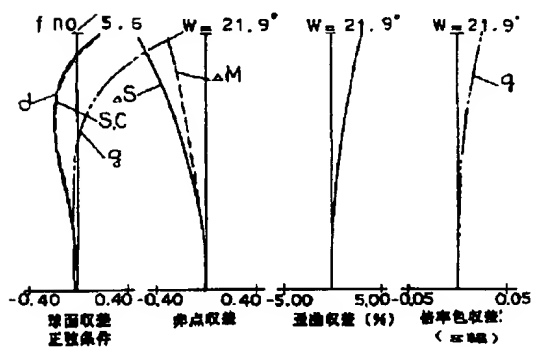
【图13】



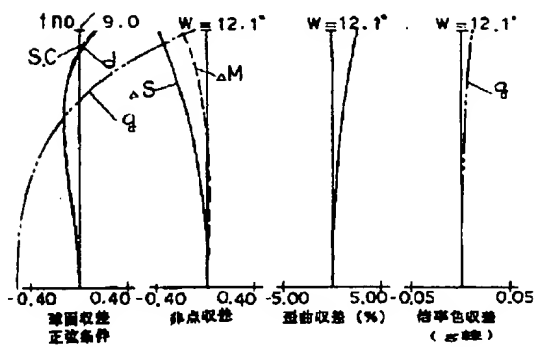
【图14】



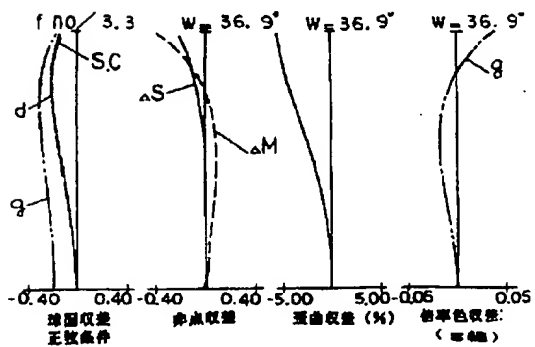
【图15】



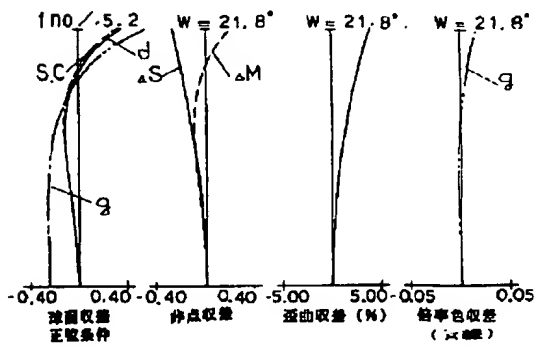
【图16】



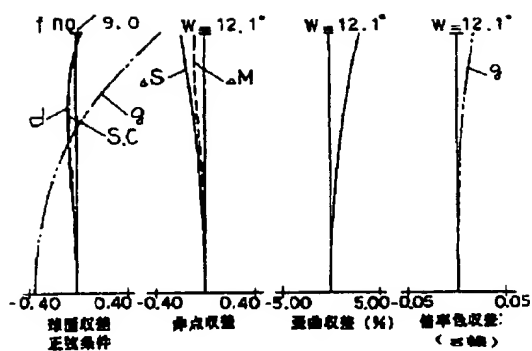
【图17】



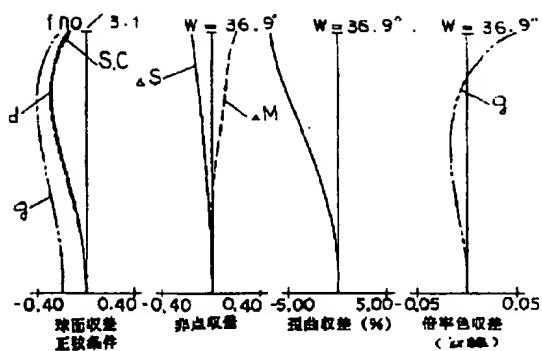
【图18】



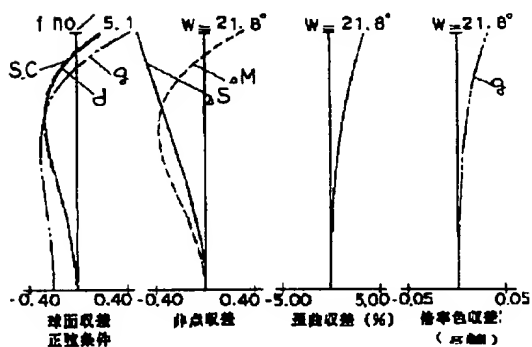
【図19】



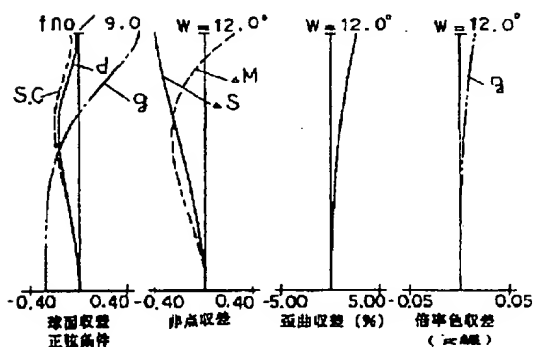
【図20】



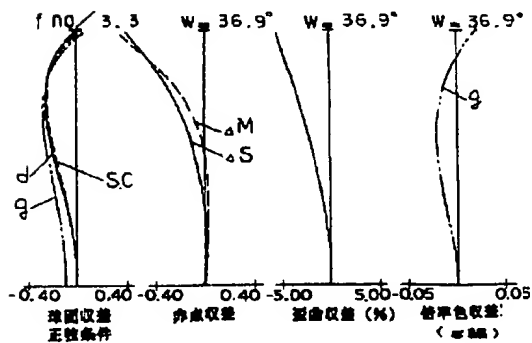
【図21】



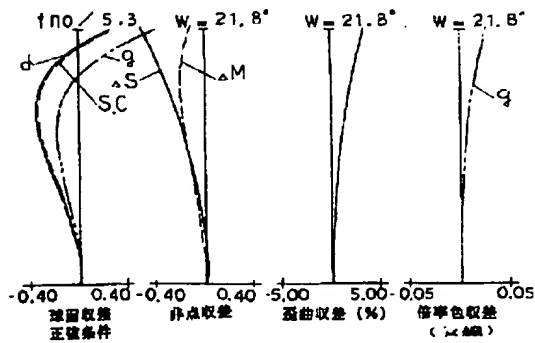
【図22】



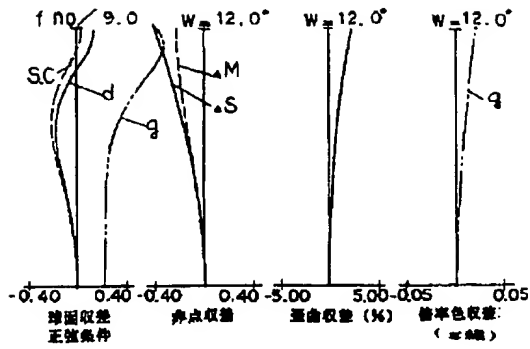
【図23】



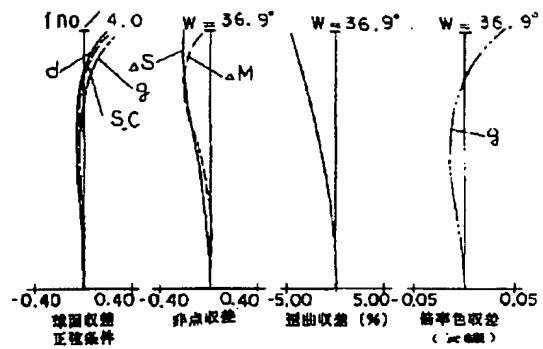
【図24】



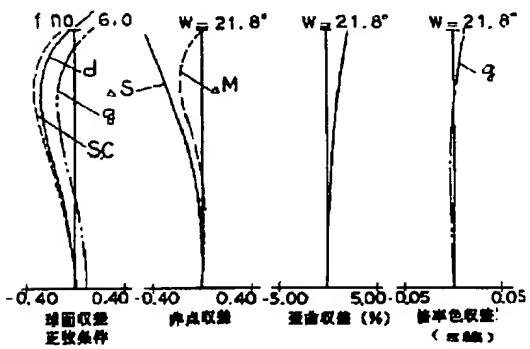
【図25】



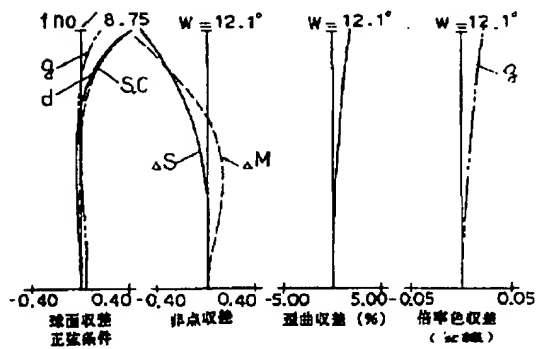
【図26】



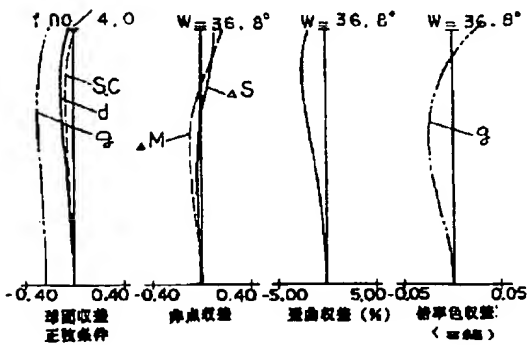
【図27】



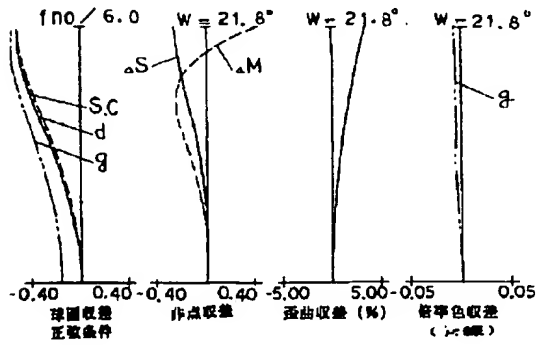
【図28】



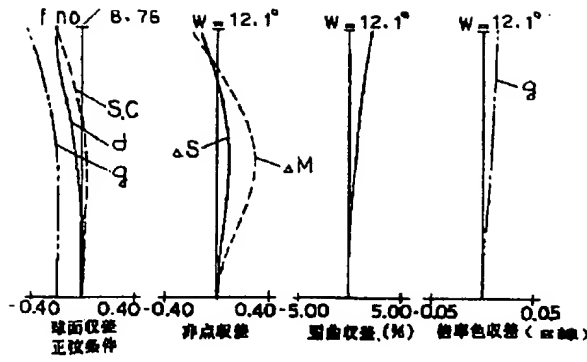
【図29】



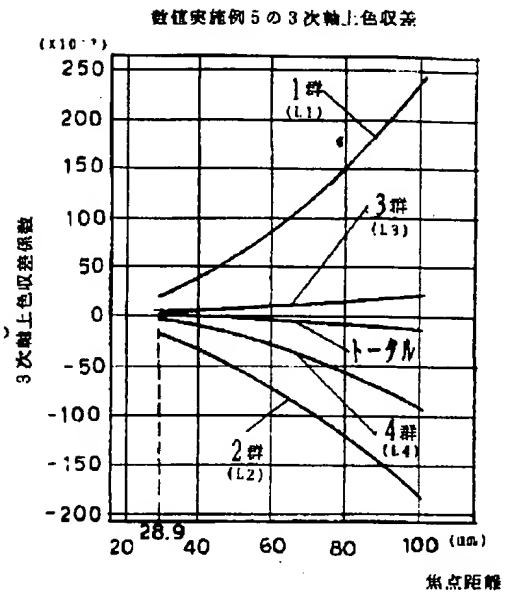
【図30】



【図31】

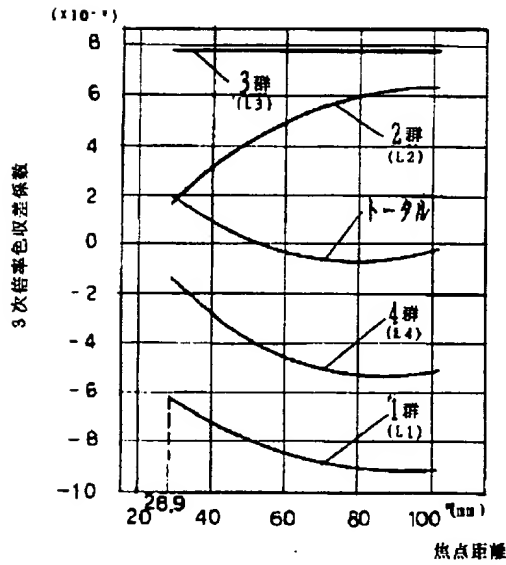


【図32】



【図33】

数値実施例5の3次倍率色収差



【図34】

数値実施例5の3次球面収差

